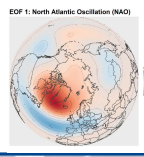


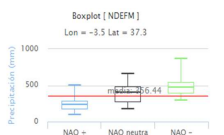
# PRONÓSTICO ESTACIONAL DE PRECIPITACIONES MEJORADO USANDO UNA ESTIMACIÓN ÓPTIMA DE LA NAO INVERNAL

Eroteida Sánchez (esanchezg@aemet.es), José Voces (jvocesa@aemet.es), Beatriz Navascués (bnavascuesf@aemet.es), Ernesto Rodríguez Camino (erodriguezc@aemet.es)

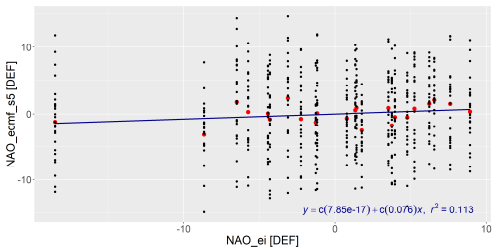
## 1.- Introducción



Aunque los sistemas operacionales de predicción estacional (SFS) han demostrado poca o ninguna habilidad en las latitudes medias europeas, el trabajo reciente ha demostrado que algunos SFS basados en modelos dinámicos muestran una habilidad notable en la predicción de NAO de invierno (por ejemplo, Scaife et al., 2014), índice que se sabe que tiene influencia en el clima de la fachada del suroeste de Europa. Por otro lado, Cohen y Jones (2011) han demostrado que parte de la variabilidad invernal de la NAO puede verse forzada externamente por el avance de la capa de nieve boreal en otoño. Dobrynin et al. (2018) también han demostrado que la habilidad de un SFS se puede mejorar significativamente refinando un conjunto dinámico mediante submuestreo basado en la predicción empírica de la NAO. Este trabajo utiliza una estimación óptima de la NAO invernal (combinando información de la NAO prevista por un modelo dinámico y de un modelo empírico) como métrica para modificar la ponderación de los diferentes miembros del "ensemble" del SFS. Comparamos la habilidad de un conjunto de SFS usando miembros del conjunto ponderados y no ponderados.



## 2.- ¿Cómo predicen los sistemas de predicción estacionales la NAO invernal?



El índice NAO invernal previsto por el sistema empírico a escala estacional, SClimWaRe, desarrollado en AEMET y basado en la teleconexión de la cubierta de nieve en otoño (Voces et al., 2016)) también ha sido verificado contra el índice NAO del ERAI. El período de verificación está restringido a 1997-2015 debido a la disponibilidad de los productos de cobertura de nieve satelital de entrada en S-ClimWaRe.

El ECMWF-S5 y el sistema empírico S-ClimWaRe son los sistemas de predicción estacional que presentan la correlación más alta con la NAO de invierno de ERAI. Sin embargo, el sistema ECMWF-S5 parece ser ligeramente sobredispersivo.

Se ha analizado la capacidad de simular la NAO de invierno de cuatro sistemas operacionales de predicción estacional almacenados en Copernicus Climate Data Store.

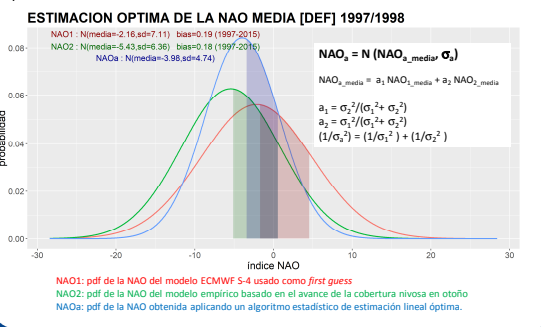
El reanálisis ERA-Interim (ERA-I) ha sido utilizado para obtener patrones EOF y series temporales del índice NAO de forma similar a Butler et al. (2016). Para cada sistema de predicción, se obtiene el índice NAO para cada miembro del ensemble del SFS proyectando las anomalías del geopotencial en 500mb sobre el primer EOF. Para evaluar los resultados, se compara la serie temporal del índice NAO previsto por cada sistema con el del ERAI.

Algunos resultados se presentan en la figura de la izquierda (para el sistema ECMWF S-5), y en la tabla de debajo aparecen los resultados para todos los SFS considerados.

SISTEMA DE PREDICCIÓN ESTACIONAL	R (NAO media prevista por el sistema - NAO ERAI) (1997-2015)	spread/RMSE (1997-2015 excluyendo el valor extremo de NAO 2009)
ECMWF System 5	0.37	1.16
ECMWF System 4	0.14	1.09
Met Office System 12	0.09	1.01
Météo-France System 5	0.12	1.04
Modelo empírico S-ClimWaRe	0.31	1.03

## 3.- Estimación óptima de la NAO media de DEF

Aplicamos la teoría de estimaciones estadísticas (Kalnay, 2003) para obtener una estimación óptima del índice NAO invernal [DEF] y de su incertidumbre. Considerando como *first guess* los valores de la NAO previstos por un modelo dinámico operacional, éste se puede corregir asimilando otras estimaciones del índice NAO, por ejemplo aquellas obtenidas mediante relaciones empíricas o teleconexiones. Se asumen como gaussianos los errores de todas las estimaciones a priori para calcular la pdf de la estimación óptima de la NAO. El método es similar al enfoque Bayesiano utilizado por Coelho y Pezzulli (2004) para estimar la distribución del pronóstico estacional del índice ENSO.



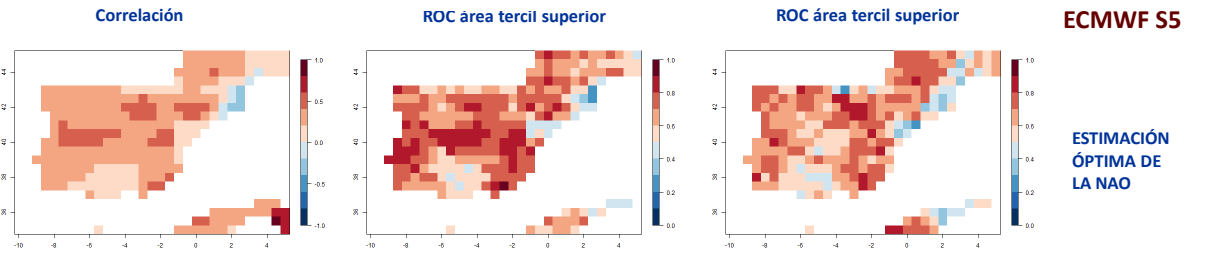
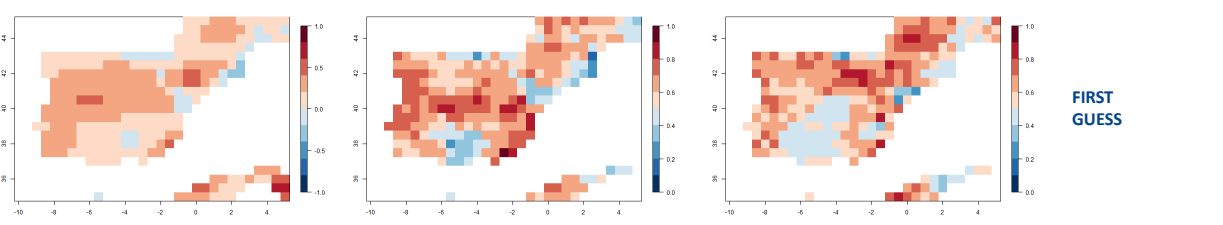
## 4.- Verificación de la precipitación prevista por los modelos pesando los miembros con la estimación óptima de la NAO

Por último, la pdf del "first guess" para la precipitación acumulada en los meses de NDEFM (igual peso para cada miembro del "ensemble") se modifica asignando un peso diferente a cada miembro, en función de la métrica basada en la mejor estimación del índice NAO.

El procedimiento produce una mejora notable de los pronósticos de precipitación durante el invierno extendido (NDJFM) para el período de hindcast (1997-2015) en todos los sistemas de pronóstico estacional de Copérnico presentados anteriormente.

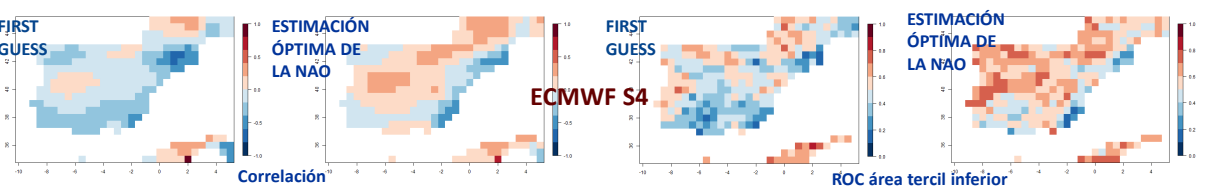
Las figuras a la derecha corresponden a los pronósticos estacionales de precipitación producidos cuando se toma como "first guess" la salida del modelo ECMWF-S5. En la verificación, como base de observaciones se toma el conjunto de datos E-Obs. Se usa la media del conjunto para el cálculo de los índices deterministas y para los probabilísticos los terciles inferior y superior.

Los resultados confirman que una predicción correcta de la NAO invernal es clave para obtener pronósticos de precipitación hábiles en esta región.



### Impacto de la NAO del first guess: ECMWF S4 vs ECMWF S5

La habilidad del "first guess" para predecir la NAO tiene un impacto positivo no sólo en los pronósticos de precipitación del propio sistema, sino también en la mejora adicional producida por este método de estimación óptima de la NAO (como se ve que ha sucedido con la reciente actualización del sistema de predicción estacional del ECMWF).



## 5.- Conclusiones y futuro

- La ponderación de los miembros de los sistemas ECMWF S5 y S4 utilizando una métrica basada en la NAO prevista por cada miembro y la pdf de la estimación óptima (combinando información del sistema del ECMWF y de relaciones empíricas) mejora la habilidad de los sistemas para predecir la precipitación acumulada en el periodo NDJFM sobre la Península Ibérica.
- La mejora del sistema ECMWF S5 (frente al S4) se traduce inmediatamente en la mejora del sistema ECMWF ponderando los miembros. Otros sistemas operacionales probados (Météo-France y Met Office) exhiben la misma mejora cuando se ponderan sus miembros (no se muestran en este póster).
- Trabajo futuro: i) la combinación de varios sistemas dinámicos para una mejor estimación de NAO; ii) nuevas mejoras en el modelo empírico (que también cubre otras temporadas); y iii) periodos de verificación más largos.

## Referencias

Butler, A.H. et al. (2016). "The Climate-system Historical Forecast Project: do stratosphere-resolving models make better seasonal climate predictions in boreal winter?". *RMets*, Vol. 142, 1413-1427.

Coelho, C.A.S. and Pezzulli, S. (2004). "Forecast Calibration and Combination: A Simple Bayesian Approach for ENSO". *J. of Climate*, Vol.17, 1504-1516.

Cohen, J., and Jones, J. (2011). "A new index for more accurate winter predictions". *Geophys. Res. Lett.*, 38, L21701, doi:10.1029/2011GL049626.

Dobrynin, M. et al. (2018). "Improved Teleconnection-Based Dynamical Seasonal Predictions of Boreal Winter". *Geophys. Res. Lett.*, Vol.45, 3605-3614.

Kalnay, E. (2003). "Atmospheric modelling, Data Assimilation and Predictability" Cambridge University Press.

Scaife, A.A. et al. (2014). "Skillful long-range prediction of European and North American winters". *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 41, 2514-2519.

Voces, J., et al., 2016. Sistema estadístico de predicción estacional para la gestión de los embalses en España. Nota Técnica nº 21 AEMET. [http://www.aemet.es/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/detalles/NT\\_21\\_AEMET](http://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/NT_21_AEMET).